

изменений магнитной восприимчивости которых несет информацию о морфологии жил и относительной продуктивности различных участков рудного тела в приповерхностных горизонтах [3].

Сформулируем основные выводы:

возможности магниторазведки при изучении флюидно-эксплозивных структур определяются их петрофизическими особенностями;

рудные зоны характеризуются пониженным магнитным полем, что обусловлено преобразованием ферромагнетиков титаномагнетитовой серии в пирит;

золоторудные кварц-сульфидные жилы в пределах флюидно-эксплозивных структур также характеризуются пониженным магнитным полем;

магниторазведка играет весьма важную роль при изучении золоторудных флюидно-эксплозивных структур, в силу того, что, кроме картирования самих eksploзивных тел, особенности морфологии магнитного поля могут указывать на проявление околорудных изменений, связанных с золотым оруденением.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Б.Н. Золотоносность флюидно-эксплозивных структур Дарасунского рудного района / Тез. докл. Первой международной конф. Улан-Удэ, 26–29 авг. 2008 г. — Улан-Удэ: Изд-во ГИН СО РАН, 2008. — С. 7–8.
2. Берман Ю.С., Красильников А.А. Поисковое значение eksploзивных и гидротермальных брекчий на золоторудных месторождениях // Разведка и охрана недр. — 1972. — № 11. — С. 11–14.
3. Ерофеев Л.Я. Магнитное поле и природа аномалий на месторождениях золота. — Томск: Изд-во Томского университета, 1989.
4. Куликова З.И., Гулина В.А., Зорина Л.Д. Индикаторная роль eksploзивных брекчий в генезисе Терешкинского золоторудного месторождения // Геология и геофизика. — 1996. — Т. 37, № 12. — С. 61–72.
5. Нарсеев В.А., Левин Г.Б. Брекчиевые образования золоторудных месторождений / Рудоносные брекчии и их поисковое значение. — Алма-Ата: Наука, 1977.
6. Тимофеевский Д.А. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. — М.: Мир, 1972.
7. Туговик Г.И. Флюидно-эксплозивные структуры и их рудоносность — М.: Наука, 1984.
8. Фогельман Н.А. Рудоносные eksploзивные брекчии криптовулканических аппаратов // Докл. АН СССР. — 1969. — Т. 188. — С. 1357–1359.
9. Хан Д.Т., Увадьева Д.А. Эруптивные брекчии Учкыза и их золотоносность / Вопросы геологии Узбекистана. — Ташкент: Фан, 1975.

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.234 + 523.546

© Пашкевич Р.И., Чернев И.И., Шадрин А.В., 2009

Пашкевич Р.И. (НИГТЦ ДВО РАН), Чернев И.И., Шадрин А.В. (ОАО «Геотерм»)

### ТЕРМОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МУТНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПАРОГИДРОТЕРМ

*Разработана трехмерная численная термогидродинамическая модель Мутновского месторождения парогидротерм. Калибровка модели выполнена по данным разведки и эксплуатации. Выполнена оценка естественных ресурсов и установлено негативное влияние возвратной закачки на термогидродинамический режим месторождения. **Ключевые слова:** парогидротермы, возвратная закачка, моделирование.*

*The numerical 3D hydrodynamic model of Mutnovsky geothermal field was developed. The model calibration was accomplished on the base of exploration and exploitation data. The natural resources estimation and negative influence of reinjection on the thermodynamic field were discussed. **Key words:** geothermal field, reinjection, numerical simulation.*

Мутновское месторождение парогидротерм вод эксплуатируется с декабря 1999 г. Разработка месторождения осуществляется в условиях возвратной закачки отработанного теплоносителя в полном объеме: сепарата с температурой до 169 °С и конденсата с температурой 40 — 55 °С. В 2007 г. по материалам разведочных работ, проводившихся на месторождении в 1980–1999 гг., и опытно-промышленной разработки месторождения в период 2000–2006 гг. был составлен отчет с пересчетом эксплуатационных запасов (отв. исп. Маль-

цева К.И., Пашкевич Р.И., ООО «Аква», 2007). В отчете для установления величины естественных ресурсов месторождения было выполнено численное термогидродинамическое моделирование, основные результаты которого представлены ниже.

Мутновское месторождение парогидротерм расположено в Елизовском районе Камчатского края, в 70 км к юго-западу от г. Петропавловска-Камчатского, к северу от Мутновского вулкана на водоразделе рек Фальшивая, Мутновская и Жировая у подножия гор Скалистая и Двугорбая. Месторождение сформировалось в южной части Мутновского геотермального района в пределах субмеридионально вытянутого от северного подножья Мутновского вулкана грабенообразного понижения с абсолютными отметками поверхности 700–1000 м над уровнем Тихого океана. Расстояние от центра месторождения до ближайших активных вулканов, Мутновского и Горелого, составляет 7,5 и 12,5 км.

Разведка месторождения проводилась с целью обеспечения паром геотермальной электростанции (ГеоЭС). С 1978 г. на месторождении и его флангах было пробурено 113 скважин. В настоящее время на месторождении работают две ГеоЭС: Верхне-Мутновская и Мутновская-1.

**Верхне-Мутновская ГеоЭС** (установленная мощность 12 МВт) введена в эксплуатацию в декабре 1999 г. Снабжение паром станции осуществляется от 3 скважин, пробуренных на этом участке: 048, 055 и 049.

<b>Добычные</b>	055, 048, 049н
<b>Для возвратной закачки:</b>	
сепарата	024н, 54н
конденсата	043н
<b>Наблюдательные</b>	30, 051, 047

Сепарат с температурой 143 °С подается на закачку в скв. 024н и 054н, конденсат с температурой до 45 °С самотеком поступает в скв. 043н по отдельному трубопроводу.

**Мутновская ГеоЭС-1** (установленная мощность 12 МВт) находится на Дачном участке, введена в эксплуатацию в сентябре 2002 г. Снабжение паром Мутновской ГеоЭС-1 осуществляется от 13 скважин: 016, 26, 5-Э, 029W, 4-Э, А-2, 24, 037, 013, ГК-1, 042, 053н и 017н. Подвод пара от добычных скважин к сепараторам осуществляется по отдельным трубопроводам. Отработанный на турбинах пар в виде конденсата поступает самотеком в трубопровод до нагнетательной скв. 07. Жидкая фаза пароводяной смеси (сепарат) подается насосами в трубопроводы, идущие отдельно к каждой из нагнетательных скважин:

**Добычные** 016, 26, 5-Э, 029W, 4-Э, А-2, 24, 037, 013, ГК-1, 042, 053н, 017н, А-4

**Для возвратной закачки:** сепарата 027, 028, 044  
конденсата 07, (09 — резервная)

**Наблюдательные** 2-Э, 09, 012, 01, А3, 03

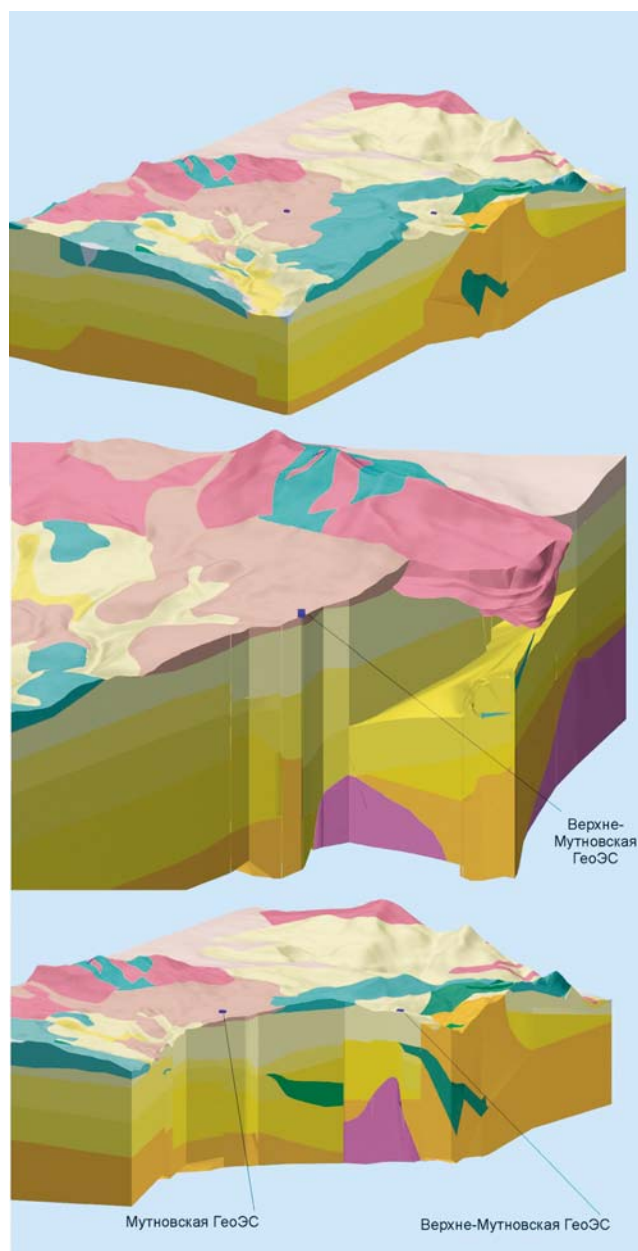


Рис. 1. Трехмерная геологическая модель Мутновского месторождения парогидротерм

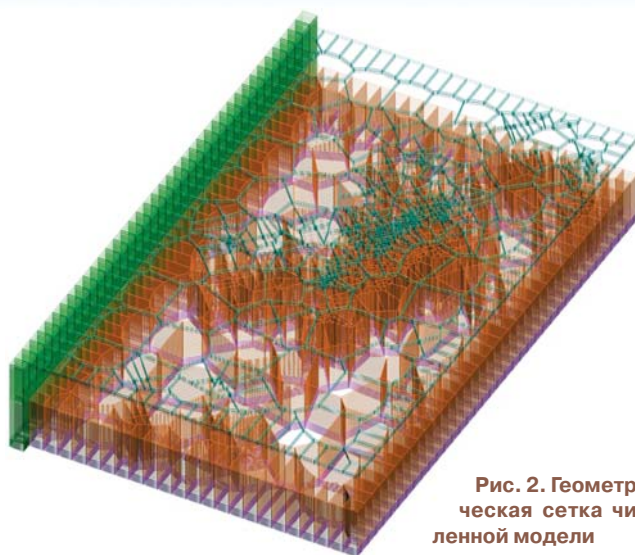


Рис. 2. Геометрическая сетка численной модели

#### Теплофизические и гидрогеологические параметры пород

Область	Имя домена	Плотность, $10^3 \text{ кг/м}^3$	Пористость	Проницаемость, $10^{-16} \text{ м}^2$
I	q234	2,1	0,15	1000
	N12	2,2	0,1	100
	p3ah2	2,3	0,1	10
	dn1	2,6	0,08	1
	ug	2,7	0,1	100
	vost	2,3	0,1	100
	zap	2,7	0,1	100
	sever	2,7	0,1	100
	botbd	2,6	0,08	100
	ypor	2,6	0,08	500
ypda4	2,6	0,08	10	
Источники	Во всех доменах	2,5	0,1	5000
II	n3q23	2,1	0,15	10
	n3ypr	2,6	0,08	1
	n3N12	2,2	0,1	5
	n3p3h	2,3	0,1	5
	n3dn1	2,6	0,08	5
III	n1q23	2,1	0,15	1
	n1ypr	2,6	0,08	1
	n1N12	2,2	0,1	1
	n1p3h	2,3	0,1	1
	n1dn1	2,6	0,08	1
	n2q23	2,1	0,15	1
	n2ypr	2,6	0,08	1
	n2N12	2,2	0,1	1
	n2p3h	2,3	0,1	1
	n2dn1	2,6	0,08	10
	n4q23	2,1	0,15	1
	n4ypr	2,6	0,08	1
	n4N12	2,2	0,1	1
	n4p3h	2,3	0,1	1
n4dn1	2,6	0,08	1	

Добычные скважины работают в режиме парлифта, с избыточным давлением на устье.

### Разработка модели месторождения

Численная модель реализована на базе программного комплекса (ПК) TOUGH2 [3]. При этом вычислительная сетка разработана с помощью ПК WinGridder [2], а визуализация результатов выполнена в ПК Tecplot [4]. ПК TOUGH2 позволяет моделировать тепломассоперенос при фильтрации многокомпонентных и многофазных флюидов в пористой и пористо-трещиноватой средах и реализует уравнения сохранения массы, импульса и энергии в единой обобщенной форме [3].

Для установления основных параметров геометрии численной модели на основе интерпретации и интерполяции данных по 12 геологическим разрезам месторождения была разработана трехмерная геологическая модель месторождения с учетом фактического рельефа (рис. 1). Скорость численных расчетов определяется количеством блоков численной модели. Для получения возможности анализа большого количества вариантов расчета, необходимо упрощать реальную геометрию геологической модели, оставляя ее существенные стороны. Поэтому трехмерная геологическая модель была упрощена и схематизирована до плоской геометрической модели (рис. 2).

В плане модель ограничена прямоугольником площадью 87 км<sup>2</sup> (7,5x11,6 км). Использовалась координатная система Гаусса-Кригера. Сетка является нерегулярной с размерами наиболее мелких блоков, включающих источники и скважины в горизонтальной плоскости, 25x25 м. Координаты центров блоков со скважинами и источниками соответствуют фактическим. Модель содержит 41472 блоков.

По глубине модель распространяется от средней топографической поверхности участка (а.о. 700 м) до 2000 м (а.о. -1300 м) и включает 5 слоев толщиной соответственно: 75, 25, 800, 900, 200 м (рис. 3). Первые два слоя соответствуют верхней части Среднего гидрогеологического яруса. В качестве водоупора выделен второй

слой мощностью 25 м. Первый, второй и третий слои соответствуют Среднему гидрогеологическому ярусу. Нижний гидрогеологический ярус разделен на 2 слоя (четвертый и пятый). В пятом слое модели задавались источники теплового и массового питания месторождения.

Гидрогеологические и теплофизические параметры пород были первоначально введены в модель равными данным, установленным по результатам откачек и опытных работ в процессе разведки и опытно-промышленной эксплуатации. Затем параметры уточнялись по результатам моделирования естественного состояния и эксплуатации. Установленные таким образом параметры модели представлены в таблице. Теплоемкость и теплопроводность пород во всех блоках модели приняты постоянными: 1 кДж/кг·К и 2,1 Вт/м·К.

Границы модели в плане — неактивные, по терминологии, принятой в [3]. Объем блоков на границах модели установлен значительным, 1050 м<sup>3</sup>, так что

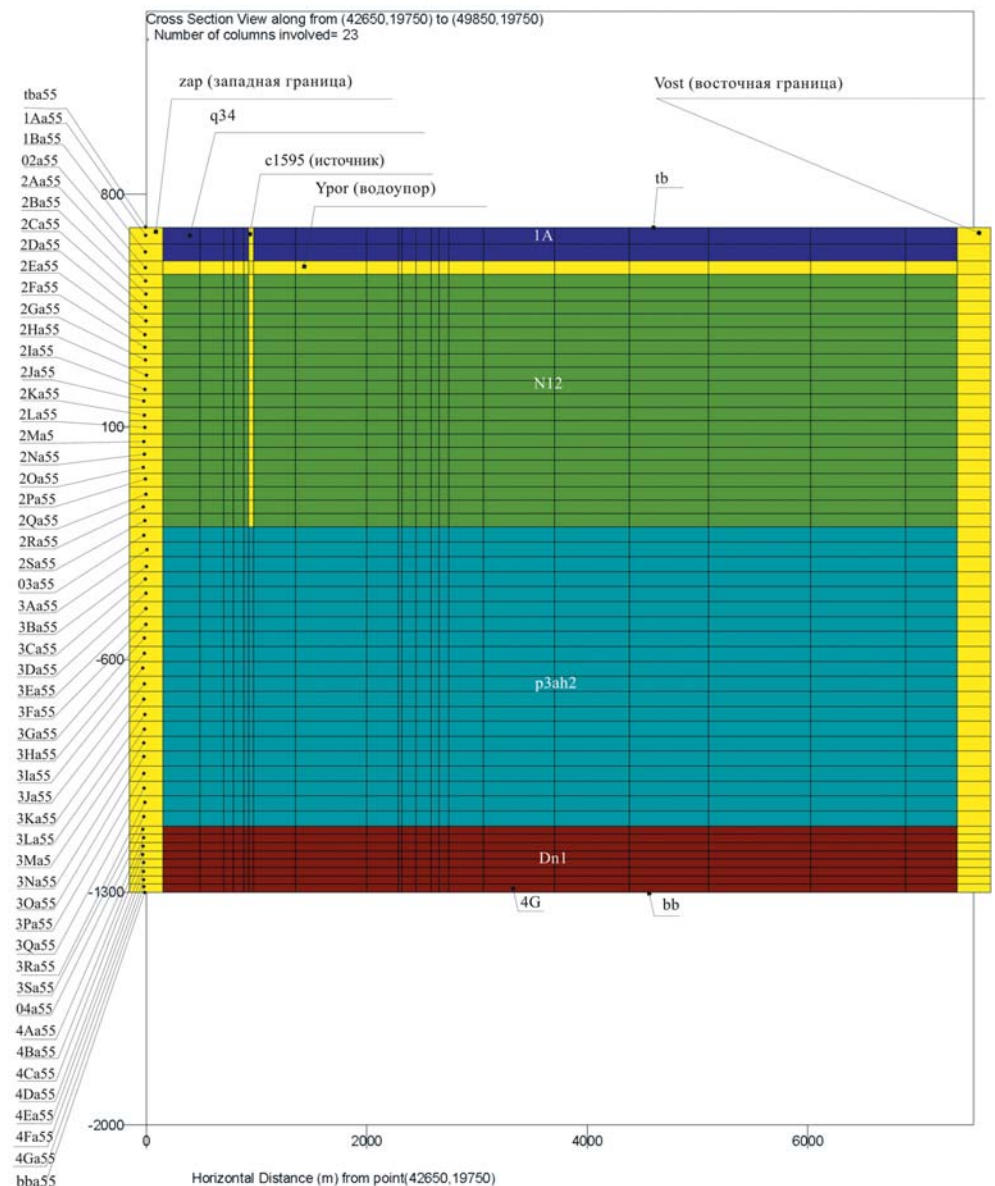


Рис. 3. Вертикальный разрез модели. Буквами и цифрами указаны имена доменов. Имена блоков вынесены влево

значения термодинамических параметров в граничных блоках в численных экспериментах оставались постоянными. Таким образом, границы модели являются границами постоянного давления, равного гидростатическому давлению до начала эксплуатации и постоянной температуры, в соответствии с геотермическим градиентом  $70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$ . Последнее значение было получено путем интерполяции градиентов в скв. 5 и 7, рассчитанных по замерам при бурении, в точки, приходящиеся на граничные блоки модели. Границы модели в плане определяют «стоки» теплоносителя за пределы моделируемого участка, если в расчетах давление теплоносителя внутри области модели превышает давление в граничных блоках. В случае снижения давления внутри моделируемой области ниже давления на границах модели из граничных блоков начинается поступление теплоносителя.

Глубинные «источники» задавались на нижнем слое модели и представлены 453 блоками с общим расходом  $520\text{ кг/с}$  с постоянной энтальпией  $1,6\text{ МДж/кг}$ , что со-

ответствует температуре воды  $341\text{ }^{\circ}\text{C}$  на линии насыщения при давлении  $14,8\text{ МПа}$ , примерно равному гидростатическому давлению на глубине  $2\text{ км}$ . Расход питания в модели задавался различным на разных участках: Дачный —  $140$ , Восточный блок —  $140$ , Верхне-Мутновский —  $60$ , Вулканный —  $60\text{ кг/с}$  (рис. 4). За пределами этих участков задавались блоки с дополнительными «источниками», моделирующими периферийное питание с общим расходом  $120\text{ кг/с}$ .

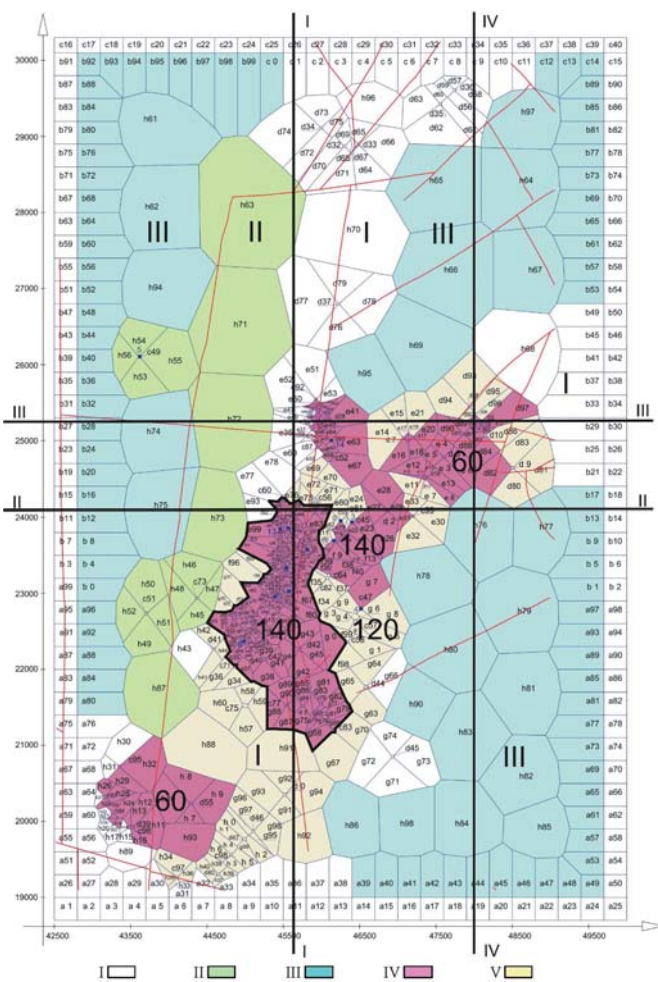
На каждом участке расход питания распределялся между блоками равномерно, пропорционально площади горизонтальной поверхности блоков. На поверхности нижнего слоя, свободной от блоков с «источниками», задавался тепловой поток с удельной плотностью  $140\text{ мВт/м}^2$ , соответствующей начальному геотермическому градиенту  $70\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$ .

В плане модель делится на три области с различными значениями проницаемости (рис. 4). Площадное распределение областей было выполнено с учетом: конфигурации в плане геоизотерм, построенных по результатам термометрии при бурении; характера распределения удельной проводимости пород на площади месторождения, а также аномалий магнитного и гравитационного полей, построенных по результатам геофизических работ; распределения зон основных водопритоков в продуктивных скважинах; фактических значений приемистости скважин возвратной закачки, а также расположения основных разломов.

#### Моделирование естественного состояния месторождения

На этом этапе устанавливались гидрогеологические и теплофизические параметры, отвечающие лучшему согласованию данных модели и термометрии скважин на стадии разведки. Здесь решалась задача на установление и вычисления производились до времени, начиная с которого термогидродинамические параметры модели не переставали существенно меняться. Фактически время установления составило  $200\text{ тыс. лет}$ .

Интерполяция поля температур для калибровки модели производилась на базе ПК Tecplot [4] на прямоугольной сетке  $100\times 100\times 100$  ячеек, охватывающей всю область моделирования. Для интерполяции поля температур использовался наиболее часто применяемый в геостатистике современный метод кригинга, учитывающий не только удаленность исходных точек от интерполируемых, но и их взаиморасположение. Относительное расстояние между точками, за пределами которого данные в точках считались не существенными для кригинга, было установлено  $0,3$ . Полный тренд данных был выбран без дрейфа. Применялся октантный метод определения того, какие точки с данными рассматриваются для каждой точки назначения. Общее количество точек при интерполяции поля температур до начала эксплуатации составило  $448$  шт. Минимальное и максимальное количество точек данных термометрии на одну скважину, использованных для калибровки модели естественного состояния, составило соответственно  $2$  и  $13$  шт. Общее количество точек, которые использовались



**Рис. 4. Распределение блоков «питания» и областей модели.** Числа — величина «питания» на участках,  $\text{кг/с}$ . Цветом и римскими цифрами показаны: I — высокопроницаемая область пород, II — среднепроницаемая, III — низкопроницаемая, IV — блоки нижнего слоя модели, с источниками основного «питания», V — площади с периферийным питанием. Жирная сплошная линия — граница водоупора. Прямые жирные линии — разрезы через модель. Тонкие красные линии — установленные разломы

при калибровке модели по результатам мониторинга температуры в скважинах глубинным прибором KUSTER, составило 411 шт. Минимальное и максимальное количество использованных точек на одну скважину при калибровке модели по данным термометрии с помощью прибора KUSTER составило соответственно 4 и 16 шт. В ходе калибровки модели производилось сравнение фактических и расчетных термограмм по 63 скважинам.

На рис. 5 представлено сопоставление расчетных геоизотерм на конец времени моделирования естественного состояния и геоизотерм, построенных по результатам термометрии на стадии разведки на абс. отм. 0 м. На рис. 6 приведено сравнение фактических и расчетных термограмм до начала эксплуатации. Достигнуто соответствие распределения в плане и по глубине модельных и фактически измеренных температур. При этом с увеличением глубины сходимость фактических и модельных геоизотерм растет. Были построены изоповерхности температуры 150 и 250 °С в естественных условиях. На изоповерхности 150 °С наиболее заметно выделяется Вулканный участок, на изоповерхности 250 °С — Центральный блок Дачного участка. Характер распределения изоповерхностей фактических температур до начала эксплуатации и расчетных изоповерхностей по результатам мо-

делирования естественного состояния в плане и разрезах согласованы.

Максимальное отклонение фактических и расчетных температур составило 16,8% при среднем отклонении 11%. Калибровку модели можно считать удовлетворительной.

### Моделирование эксплуатации

При моделировании процесса эксплуатации параметры уточнялись по результатам сопоставления расчетных и фактических давлений и энтальпий в блоках со скважинами. При этом в модель закладывались фактические данные среднемесячных дебитов добычных скважин. Величина дебита скважин распределялась по глубине равномерно в соответствии с фактическими интервалами зон водопритоков и фильтров. Расход обратной закачки и энтальпия закачиваемого теплоносителя задавались в модели равными среднемесячным фактическим. После установления параметров было выполнено повторное моделирование естественного состояния в соответствии с параметрами таблицы, давшие удовлетворительное согласование расчетных и фактических температур в стволе скважин.

На рис. 7 показано сравнение расчетных значений температур в блоках модели и фактических термограмм, полученных при помощи прибора KUSTER. Среднее

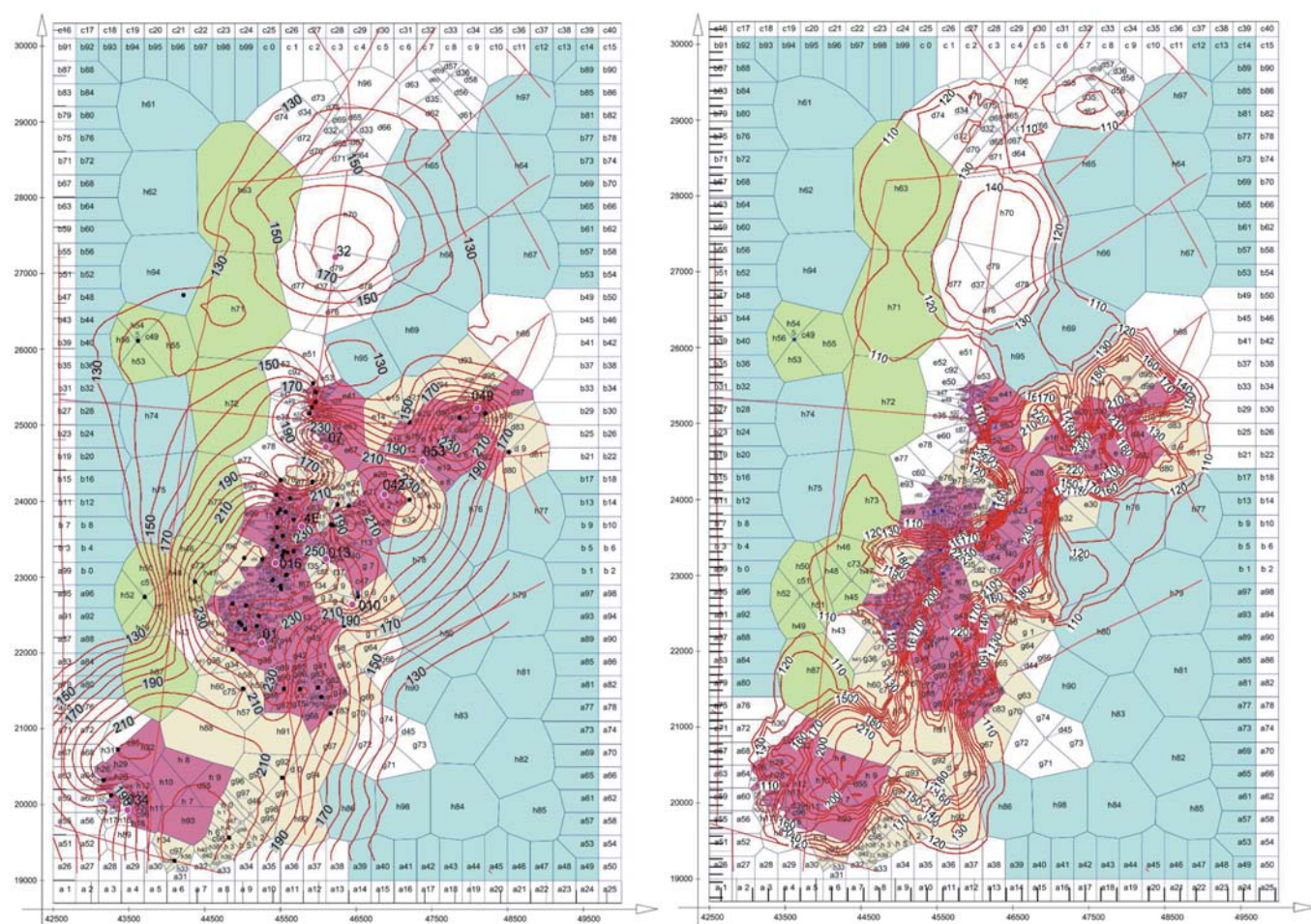


Рис. 5. Геоизотермы на абсолютной отметке 0 м: слева — построенные по результатам термометрии на стадии разведки; справа — полученные в численном моделировании естественного состояния месторождения

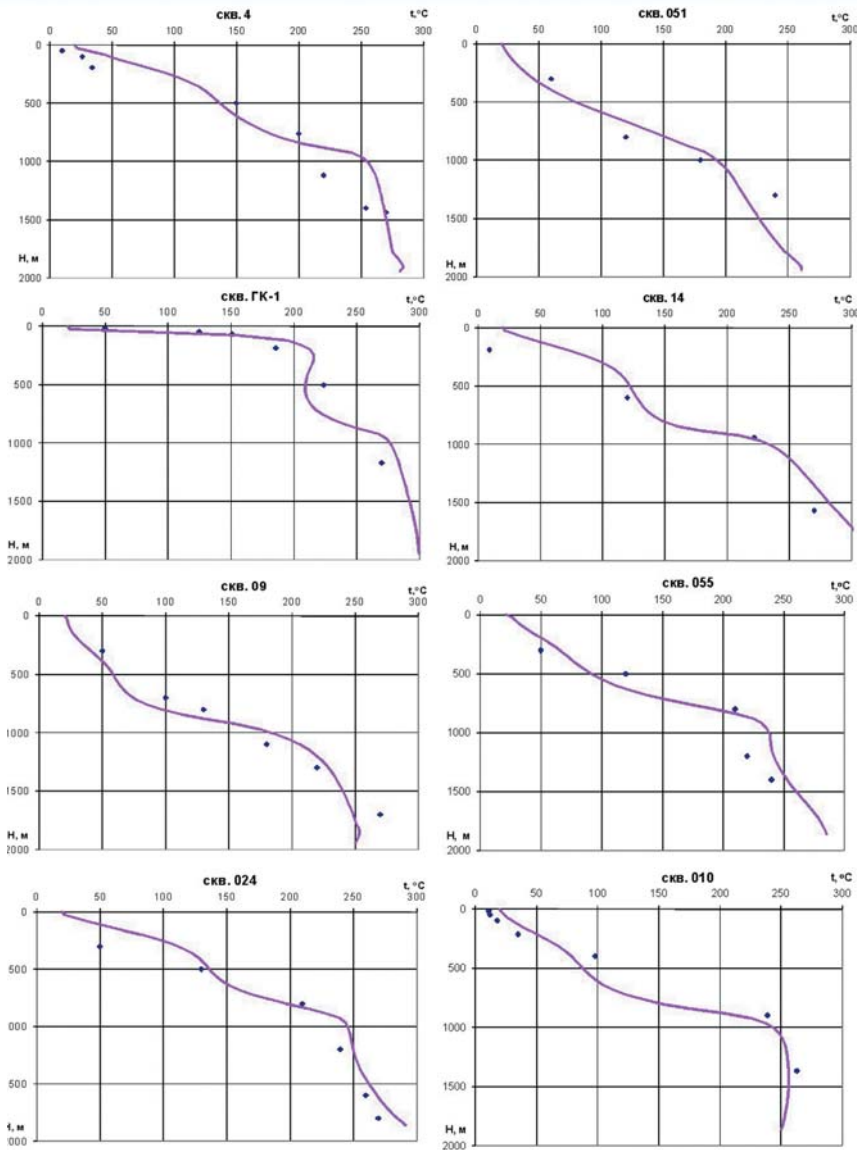


Рис. 6. Термограммы скважин до начала эксплуатации месторождения: точки — данные термометрии в ходе бурения; линии — данные модели

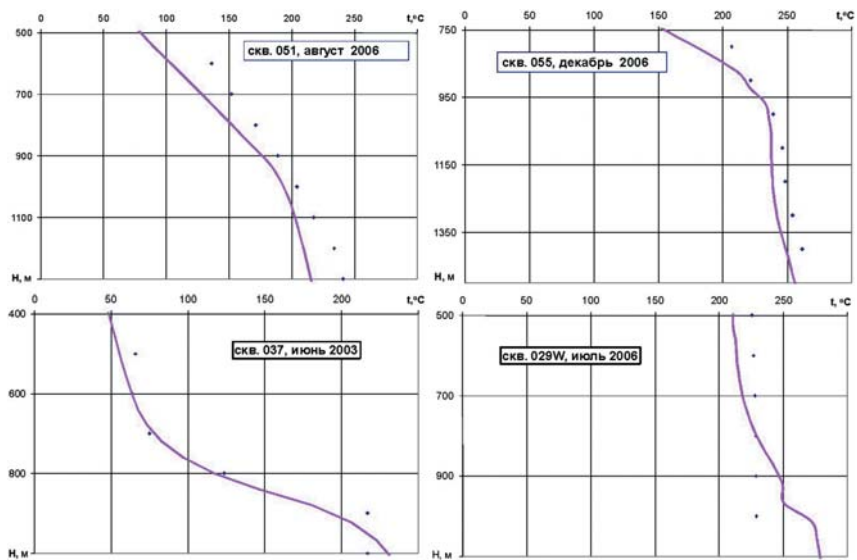


Рис. 7. Термограммы скважин в ходе эксплуатации: точки — термометрия в процессе эксплуатации, линии — данные модели

отклонение модельных и фактических данных не превышает 11,0%. Более низкие значения расчетных температур в верхних слоях по сравнению с данными термокаротажа обусловлены тем, что действительное распределение температур в открытом стволе скважины нарушается процессом свободной конвекции. В модели конвекция в скважинах не учитывалась, поскольку при расчете естественного состояния, т.е. до начала эксплуатации, как таковых «скважин» в модели не существует. Соответствие фактических и рассчитанных по модели температур можно считать удовлетворительным.

В ходе калибровки модели выполнялся также анализ ее чувствительности по отношению к изменению основных параметров. Изменение пористости и коэффициента сжимаемости горных пород мало влияло на результаты расчетов. Определяющим параметром являлась величина проницаемости пород в блоках, соответствующих зонам водопритока, а также величина расхода восходящего потока («источников»).

Более детальная калибровка модели производилась с помощью изменения проницаемости отдельных блоков модели, приходящихся на эксплуатационные скважины, при этом использовался параметр PMX во входном файле TOUGH2. Индекс продуктивности блоков, приходящихся на зоны водопритоков эксплуатационных скважин, рассчитывался с учетом фактических радиусов фильтровых колонн скважин, площадей горизонтальных сечений и толщин блоков. Проводилось сравнение фактических и расчетных энтальпий в блоках модели, соответствующих верхнему интервалу зон водопритоков в добычных скважинах. Давление, энтальпия и температура в блоках, содержащих скважины, были рассчитаны с помощью ПК NOLA [1]. Энтальпия пароводяной смеси на устье скважин рассчитывалась по таблицам, составленным по уравнениям свойств воды и водяного пара Международной системы уравнений 1997 г. для промышленных расчетов, введенной в действие с 1 января 1999 г. Максимальное отклонение фактических и расчетных параметров не превосходило 16,3 % и согласование модели по энтальпиям в скважинах можно считать удовлетворительным. Необходимо отметить, что указанные выше от-

клонения объясняются также отсутствием надежных данных о величине скин-эффекта скважин. На построенных вертикальных разрезах модели III-III и IV-IV (рис. 4), проходящих через Верхне-Мутновский участок, выявлено интенсивное охлаждение пород под влиянием возвратной закачки отработанного теплоносителя.

По результатам выполненного моделирования можно сделать следующие выводы:

величина естественных ресурсов Мутновского месторождения парогидротерм составляет 520 кг/с теплоносителя с энтальпией 1,6 МДж/кг, что соответствует температуре 341°C на линии насыщения при давлении 14,8 МПа и тепловому потоку 832 МВт;

возвратная закачка отработанного теплоносителя в полном объеме в интервале глубин 600–1500 м оказывает негативное влияние на термогидродинамический режим месторождения, особенно на Верхне-Мутновском участке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bjornsson G., Arason P., Bodvarsson G.S. The wellbore simulator HOLA, version 3.1, user's guide, National energy authority, Reykjavik, Iceland, 1993.
2. Pan L. User's manual for WinGrider V2.0, Lawrence Berkeley Laboratory Report LBNL-2001-131, 2002.
3. Pruess, K., C.M. Oldenburg, G. Moridis. TOUGH2 user's guide, version 2.0, Lawrence Berkeley Laboratory Report LBNL-43134, 1999.
4. Tecplot user's manual, version 9.2, release 1. Amtec Engineering, Inc. Bellevue, Washington, 2002.

УДК 556.3+556.5

© Яковлев П.И., 2009

Яковлев П.И. (НИПЦ «Геоэкология»)

#### ВЫЯВЛЕНИЕ УЧАСТКОВ ИНТЕНСИВНОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РЕКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

*В данной статье показано, что с точки зрения организации водоснабжения из подземных и поверхностных источников наиболее перспективны участки рек, где линейные модули разгрузки подземных вод в несколько раз или на порядок выше фоновых значений. Описаны методы выявления участков интенсивной разгрузки подземных вод дистанционными и гидрологическими методами, что значительно упрощает проведение ГРП на подземные воды. Для более точного определения количественной характеристики подземного притока используется управление руслового гидрохимического баланса. В предлагаемой методике обобщены отдельные способы и методы исследований водной среды, которые используются в системах Минприроды, Росгидромета, РАН и т.д. **Ключевые слова:** подземные, речные, поверхностные воды, очаг, участок разгрузки, линейный геолого-структурный анализ, гидрохимическое опробование, термометрическая, гидрометрическая съемка, ионный сток, многозональные, тепловые космоснимки.*

*This article shows that in the context of opening up of water supply from underground and surface sources those river stretches where linear modulus of underground water dis-*

*charge are several times as many as background values or a sequence higher of such values are the most perspective ones. Methods of detection of areas of intensive underground water discharge with the use of remote-sensing and hydrological methods are described, thus significantly simplifying the conduct of geological prospecting work with respect to underground waters. For the purpose of more precise determination of quantitative characteristics of underground water inflow the management of channel hydrochemical balance is used. The procedure offered summarizes individual methods and techniques of water environment research which are used in the systems of the Ministry of Natural Resources, the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, the Russian Academy of Sciences and etc. **Key words:** underground waters, river waters, surface waters, source area, discharge area, lineament geological and structural analysis, hydrochemical testing, thermometric, hydrometric survey, ion sink, polyzonal, thermal space images.*

В настоящее время при проведении ГРП на подземные воды широко используются дистанционные и гидрологические методы, к которым относится геолого-структурный анализ многозональных КС и температурное дешифрирование ИК-космоснимков, а также термометрическая, гидрохимическая, гидрометрическая, меженные полевые съемки. Все эти методы позволяют выделить на местности местоположение очагов интенсивной разгрузки подземных вод. Гидрометрические работы теоретически, количественно, своими расходными характеристиками должны подтверждать наличие таких аномальных участков с повышенным подземным притоком. Но на практике стандартные погрешности измерения расхода воды на реках составляют 3,5 %. По расчетам Государственного гидрологического института на реках с минимальным расходом более 10 м<sup>3</sup>/с, погрешность определения притока подземных вод по методу руслового баланса (при погрешности разности в 7 %) на трехкилометровом участке реки может составлять около 60 тыс. м<sup>3</sup>/сут, а это величина крупного месторождения.

По заключению д.т.н. Алексеева В.С., зам. директора ВНИИ ВОДГЕО (декабрь, 2003) «Окончательные результаты предварительных оценочных работ с использованием дистанционных и гидрологических методов на начальном этапе гидрогеологических изысканий не могут служить исходными материалами для утверждения запасов и эксплуатации месторождения подземных вод» по выше указанным причинам. В нашей статье в отличие от старых работ предлагается несколько шире использовать гидрохимические и гидрогеохимические методы не только для определения местоположения аномальных участков рек с повышенным подземным притоком, но и для его более точной количественной оценки, согласно уравнению ионного гидрохимического руслового баланса.

Следует сказать, что ранее Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) проведена оценка подземного стока рек Тверской области — 1972 г., и Нечерноземной зоны РСФСР — 1980 г., были изданы «Материалы по минимальному стоку рек СССР» — 1977 г. Анализируя эти справочные гидрологические источники, можно сделать вывод, что более 90 % всех водотоков